

POLOPREVÁDZKOVÉ SKÚŠKY V ÚPRAVNI VODY HRIŇOVÁ

**Ing. Pavol Pelikán¹⁾, Ing. Jana Buchlovičová²⁾,
doc. Ing. Ján Ilavský, PhD.³⁾, doc. Ing. Danka Barloková, PhD.³⁾**

¹⁾Enviroline, s.r.o., Františkánska 5, 040 01 Košice; pelikan@enviroline.sk

²⁾VodaTím s.r.o., Zvolenská 27, 821 09 Bratislava; buchlovicova@vodatim.sk

³⁾Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, SvF STU Bratislava,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava; jan.ilavsky@stuba.sk, danka.barloкова@stuba.sk

Zásobovanie vodou a odkanalizovanie ľudských obydľí patrí k základným atribútom civilizovanej spoločnosti. Na Slovensku má zásobovanie pitnou vodou viac ako 500 ročnú tradíciu. Novodobé začiatky úpravy vody siahajú do obdobia konca 50-tých a začiatku 60-tých rokov minulého storočia, kedy bola vyprojektovaná a uvedená do prevádzky úpravňa vody HRIŇOVÁ. Následne bolo postupne vybudovaných ďalších 6 úpravni povrchovej vody, ktoré v súčasnosti upravujú vodu z vodárenských nádrží.

Realitu v našich ÚV je možné charakterizovať nasledovne:

- *technológia úpravy vody je zastaraná*
- *technologické zariadenia sú poruchové a energeticky náročné*
- *v mnohých prípadoch chýba spoľahlivé meranie, regulácia, signalizácia a určité i automatizácia*

Súčasní odborníci zaoberajúci sa problematikou pitnej vody už niekoľko rokov považujú za viac ako aktuálne pristúpiť k modernizácii úpravni vôd SR. Dá sa však povedať, že sa začnú plniť ich predstavy. **V súčasnosti je pripravený Operačný program Kvalita životného prostredia s vytýčeným Špecifickým cieľom 2, ktorý je zameraný na podporu zabezpečenia dostatočného množstva bezpečnej pitnej vody pre užívateľov.** I napriek tomu pretrváva názor/predstava, že voda produkovaná veľkými úpravňami vody vyhovuje, až na malé výnimky, požiadavkám Nariadeniu vlády SR č.354/2006 Z. z. v znení neskorších predpisov, a investície do modernizácie nie sú požiadavkou súčasnosti a skôr sa prikláňajú k potrebe rekonštrukcie či optimalizácie. **Je pravdou, že pitná voda z našich veľkých úpravni vôd v súčasnosti zodpovedá normatívnym požiadavkám z hľadiska kvality, ale existuje celý rad, respektíve súbor rôznych rizík, ktoré by mohli spôsobiť významné problémy v zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou. Investície do modernizácie technológie sú potrebné, nie na odstraňovanie „závadného stavu“ v kvalite pitnej vody, ale na elimináciu možnosti vzniku závadného stavu.** Suchá a záplavy nevyhnutne ovplyvnia zásobovanie bezpečnou pitnou vodou. Klimatické zmeny môžu ovplyvniť množstvo, kvalitu, ale v určitých prípadoch aj dostupnosť pitnej vody. Za takýchto okolností je možné hovoriť o extrémnych udalostiach, ktoré môžu byť veľmi ľahko spúšťačom epidémií.

Modernizácia je však potrebná i z dôvodu skutočnosti, že so zvyšujúcimi nárokmi na kvalitu pitnej vody, rastie úmerne i spotreba energií potrebných k úprave surovej vody na vodu pitnú. Z tohto dôvodu sa jedná i o modernizáciu čerpania, miešania, regeneráciu filtrov, spoľahlivý a dokonalý systém AS RTP a pod. Že sa jedná o dôležitú problematiku potvrdzuje i skutočnosť, že k tejto problematike bola vydaná Smernica európskeho parlamentu a rady č. 2009/28/ES. V nej uvedené ciele v žiadnom prípade

nie je možné dosiahnuť optimalizáciou (u zostarnutých el. motorov, čerpadiel, či miešadiel je cieľ zníženia energetických nárokov prakticky nemožný).

Je samozrejmé, že v SR s ukončeným Operačným programom Životné prostredie, ktorý bol v programovom období 2007-2013, neskončili i veľké investície vkladané do budovania a modernizácií ČOV. Sú tu však reálne predpoklady a i snahy začať vkladať investičné prostriedky i do obnovy majetku, ktorý slúži k výrobe a zásobovaniu obyvateľstva pitnou vodou. Z Operačného programu Kvalita životného prostredia (programové obdobie 2014 – 2020) s vytýčeným Špecifickým cieľom 2, budú prioritne podporované hlavne projekty veľkých úpravni povrchovej vody. V Slovenskej republike sa táto problematika dotýka siedmych úpravni povrchovej vody, ktoré sú v prevádzke 25 až 50 rokov. Popri riešení problematiky veľkých úpravni nesmie sa však zabudnúť na vážny a v niektorých prípadoch až katastrofálny stav malých a stredných úpravni vody. Je žiaduce systematicky posúdiť, zhodnotiť a vypracovať plán obnovy i týchto úpravni vôd.

Predprojektová príprava a spracovanie projektovej dokumentácie modernizácie úpravne vody je zložitý technický proces. Úspešnosť projektu z veľkej časti závisí od dokonalých podkladov získaných v rámci predprojektových prác. Pri tejto činnosti musí byť dodržaný predpoklad, že modernizácia nebude len prostou obnovou pôvodného technologického zariadenia. **Modernizácia by mala priniesť nové technológie a lepšie podmienky pre prevádzkovanie a riadenie procesov úpravy vody.** Pre úpravňu vody, ktorá pracuje nepretržite viac ako 50 rokov je toto konštatovanie viac ako oprávnené.

Predprojektová príprava modernizácie úpravne vody Hriňová spočívala z:

- auditu:
 - o vodárenskej nádrže – surovej vody
 - o zhodnotenia súčasného stavu:
 - technologického zariadenia úpravne vody
 - chemického hospodárstva
 - kalového hospodárstva
 - stavebného a statického posúdenia
 - elektro-časti
- návrhu poloprevádzkových zariadení
- poloprevádzkových skúšok
- návrhu technológie úpravy vody – podklad pre projekt pre stavebné konanie – tak, aby sa:
 - o **zvýšila bezpečnosť vody z pohľadu technologického**
 - o **zvýšila bezpečnosť vody z pohľadu zdravotného**
 - o **zlepšila ekonomika prevádzky**

V čom spočíva zvýšenie bezpečnosti vody z pohľadu technologického:

- v prvom rade v inštalácii optimálneho a hlavne spoľahlivého strojno-technologického zariadenia
- v dokonalej prístrojovej technike pre kontinuálnu kontrolu kvality vody pritekajúcej do úpravne vody, ako i kontrolu kvality vody v technologickom procese úpravy vody
- v bezproblémovom prístupe ku všetkým zariadeniam, ktoré sa podieľajú na procese úpravy vody
- v odbornom riadení, obsluhu a kontrole technologického procesu úpravy vody
- v systematickom vzdelávaní pracovníkov úpravni vôd.

Čo predstavuje zvýšenie bezpečnosti vody z pohľadu zdravotného:

Pri mäkkých vodách, zvýšenie bezpečnosti vody zo zdravotného pohľadu znamená, zvýšenie obsahu esenciálnych prvkov - vápnika a horčíka. Skúšky na ich zvýšenie by mali byť urobené (bezprostredne na konkrétnej úpravni vody) na prietochných modelových, resp. poloprevádzkových zariadeniach, a to:

- stvrdzovaním vody
- optimalizáciou v súčasnosti prevádzkovaného stvrdzovania (čo je aj prípad ÚV Hriňová)
- filtráciou cez polovypálený dolomit (PVD)
- alebo dodávaním horčíka chemickou cestou

Takto realizované skúšky v podstate zohľadňujú nové smerovania odporúčané Svetovou zdravotníckou organizáciou WHO, a určite nie je ďaleko čas, keď budú tieto odporúčania predpísané aj Európskou úniou.

Ako je možné zlepšiť ekonomiku prevádzky

Základom pre zlepšenie ekonomiky prevádzky je technicky správne navrhnutá a realizovaná technológia úpravy vody s optimálne vloženými investičnými nákladmi. Zníženie prevádzkových nákladov sa prejaví v úspore prevádzkových chemikálií, v predĺžení filtračných cyklov, a tým v úspore práce vody, ako i v úspore elektrickej energie.

SÚČASNÝ STAV ÚPRAVNE VODY

Za obdobie rokov 2008 až 2015 z fyzikálno-chemického hľadiska, nenastalo výraznejšie zhoršenie rozhodujúcich ukazovateľov vplyvajúcich na proces úpravy vody. Farba vody v dlhodobom priemere neprevýšila hodnotu 8 - 9 mg/l Pt, pričom maximálna hodnota bola 40 mg/l Pt, zákal vody 4,0 - 5,0 NTU, organické látky vyjadrené ako CHSK_{Mn} v dlhodobom priemere vykazujú hodnotu 3,5 - 4,0 mg/l.

Voda v nádrži sa výraznejšie zhoršuje v určitých obdobiach z hľadiska hydrobiologického.

Rok 2010 počet organizmov v surovej vode neprevýšil hodnotu 1000 jedincov. Jednalo sa hlavne o organizmus *Voronichinia*.

Rok 2011 zistený výskyt organizmu *Fragilaria*, max. počet bol 20 000 jedincov

Rok 2012 počet organizmov *Fragilaria* neprevýšil počet 4 000 jedincov

Rok 2013 najvyšší počet organizmov *Synedia* - 5 900 jedincov

Rok 2014 dve obdobia zvýšeného výskytu organizmov. V marci organizmus *Cyclotella* po dobu cca 15 dní vykazoval hodnoty nad 10 000 s maximom 36 400 jedincov a v máji *Asterionella* po dobu cca 20 dní nad 10 000 s maximom 14 200 jedincov.

Rok 2015 krátkodobu v marci a júli po dobu 2-3 dni zistená prítomnosť organizmu *Cyclotella* 8 200 jedincov a *Fragilaria* 14 800 jedincov.

V žiadnom prípade nie je možné zabúdať ani na preukázanie prítomnosti patogénnych prvkov *Cryptosporidium spp.* a *Giardia spp.* vo vode vodárenskej nádrži. Je preukázané, že vyššie uvedené patogénne prvky boli analyzované i v upravenej vode.

POLOPREVÁDZKOVÉ SKÚŠKY

Na základe auditu a skúseností z riešenia úloh modernizácie úpravni vôd Klenovec a Málinec, ako i na základe požiadaviek prevádzkovej spoločnosti, boli navrhnuté dve alternatívy poloprevádzkových skúšok, ktoré sú vykonávané v dvoch etapách. Prvá etapa prebiehala od júla do decembra 2015.

Prvá alternatíva poloprevádzkových skúšok: dvojstupňová úprava vody.

Skúšky boli vykonané na poloprevádzkovom zariadení flotácie DAF a následne voda natekala na filtre s rôznymi filtračnými materiálmi:

- kremičitý piesok + antracit
- Filtralite Mono-Multi-Fine
- piesok z prevádzky úpravne vody

Ako koagulant bol použitý síran železitý (PIX – 113), ktorý je aj v súčasnej prevádzke používaný ako hlavný koagulant.

Rozhodujúce hodnoty fyzikálno-chemických ukazovateľov kvality vody pritekajúcej do úpravne vody v období jún až december 2015, kedy boli vykonávané skúšky zamerané na spracovanie podkladov pre modernizáciu úpravne vody Hriňová, sú uvedené v nasledovnej tabuľke:

pH	6,5 - 7,0	max. hodnota 7,3
Farba	2,0 - 12,0	max. hodnota 32 mg/l Pt
Zákal	0,6 - 2,0	max. hodnota 6,0 ZF
CHSK_{Mn}	2,0 - 3,0	max. hodnota 4,8 mg/l
Absorbancia	0,03 - 0,10	max. hodnota 0,13
počet živých organizmov	250 – 400 jedincov/ml	

Na odtoku z flotačnej jednotky sme mali 0,36 – 0,4 mg/l Fe a za dvojmateriálovými filterami bol obsah Fe 0,03 mg/l, pričom limit pre koniec filtračného cyklu bol 0,08 mg/l. Tento limit je požiadavkou prevádzkovej spoločnosti.

Druhá alternatíva poloprevádzkových skúšok: jednostupňová úprava vody.

I. etapa skúšok bola vykonaná na poloprevádzkovom zariadení mikrofiltrácie s keramickou membránou na relatívne čistej surovej vode (fyzikálno-chem. ukazovatele vyhovovali príslušnej legislatíve, počet živých organizmov 250 – 400 jedincov/1ml).

Ako koagulant bol použitý síran železitý (PIX – 113), ktorý je aj v súčasnej prevádzke používaný ako hlavný koagulant.

Skúšky boli zamerané na odsledovanie rôznych dávok železitého koagulantu, rôznu dĺžku filtračného cyklu v závislosti na náraste transmembránového tlaku.

Keďže prevádzková spoločnosť požaduje vykonať skúšky pri výraznom zhoršení kvality surovej vody z hľadiska hydrobiologického aj napriek tomu, že pri skúškach na ÚV Klenovec keramická membránová filtrácia odstraňovala 15 000 až 18 000 organizmov, je poloprevádzkové zariadenie momentálne pripravené tak, že je možné okamžité uvedenie do prevádzky v prípade hydrobiologického zhoršenia surovej vody.

NÁVRH TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY

Alternatíva A je spracovaná na základe poloprevádzkových skúšok, ktoré boli robené na úpravni vody od júla do decembra 2015. Alternatíva je založená na princípe dvojstupňovej úpravy vody s tým, že využíva osvedčené progresívne prvky, ktoré sú skĺbené s pôvodnými rekonštruovanými technologickými celkami.

Klasická dvojstupňová úprava vody s využitím flotácie a filtrácie cez dvojmateriálovú filtračnú náplň. Separáciu suspenzie v prvom technologickom stupni zabezpečuje

flotácia. V procese úpravy bude voda stvrdzovaná. Takto predpripravená voda bude natekať na druhý technologický stupeň - dvojmateriálové otvorené filtre.

Pre technologický stupeň filtrácie navrhujeme využívať 6 pôvodných filtrov. Voda prefiltrovaná cez dvojmateriálovú filtračnú náplň bude zdravotne zabezpečená UV žiarením. Takto upravená voda bude gravitačne odtekať do súčasnej akumulácie. Pred vstupom vody do akumulácie bude táto opätovne zabezpečená dávkovaním chlóru a síranu amónneho (chlóramonizácia). Je zvažovaná aj možnosť obohacovania vody o horčík filtráciou cez filter s náplňou polovypáleného dolomitu (PVD) s následnou filtráciou cez filtre s náplňou granulovaného aktívneho uhlia (GAU).

Technologické stupne úpravy vody

Hrubé predčistenie → Zaústenie odsadenej vody z kalovej koncovky → Dávkovanie manganistanu draselného → Dávkovanie hlavného koagulantu (síranu železitého) → Rýchle miešanie (bude využitý pôvodný rýchly miešač) → Pomalé miešanie → Flotácia → Stvrdzovanie vody (dávkovanie CO₂+vápenná voda) → Filtrácia cez dvojmaterialovú filtračnú náplň (+filtrácia cez PVD a GAU) → UV žiarenie → Zdravotné zabezpečenie chlóramonizáciou → Akumulácia

Chemické hospodárstvo

Príprava a dávkovanie manganistanu draselného
Príprava a dávkovanie hlavného koagulantu
Dávkovanie CO₂
Príprava a dávkovanie vápennej vody
Príprava a dávkovanie pomocného koagulantu
Príprava a dávkovanie plynného chlóru formou chlóramonizácie

Kalové hospodárstvo

Akumulácia použitých vôd z technologického procesu
Dávkovanie vápna do usadenej vody na úpravu pH
Dávkovanie železitého koagulantu
Dávkovanie pomocného koagulantu
Strojné spracovanie takto pripraveného kalu na kalolise

Alternatíva B je založená na princípe membránovej filtrácie. Alternatíva je spracovaná na základe poznatkov získaných z:

- I. etapy prác vykonaných na úpravni vody Hriňová
- poloprevádzkových skúšok na úpravni vody Klenovec

Táto alternatíva je navrhnutá ako progresívna dvojstupňová úprava vody s tým, že separáciu suspenzie v prvom technologickom stupni zabezpečuje flotácia, tá bude v prevádzke cca 10 % v roku počas predpokladaného zhoršenia hydrobiologickej aj fyzikálno-chemickej kvality surovej vody. Druhý technologický stupeň tvoria dve linky membránovej filtrácie s keramickými membránami, tie budú v prevádzke 100% z roku. V procese úpravy bude voda stvrdzovaná. Bude nasledovať možnosť obohacovania vody o horčík filtráciou cez filter s náplňou polovypáleného dolomitu (PVD) s následnou filtráciou cez filtre s náplňou granulovaného aktívneho uhlia (GAU). Pred vstupom vody do akumulácie bude opätovne zabezpečená dávkovaním chlóru a síranu amónneho (chlóramonizácia).

Technologické stupne úpravy vody

Hrubé predčistenie → Zaústenie odsadenej vody z kalovej koncovky → Dávkovanie manganistanu draselného → Dávkovanie hlavného koagulantu (síranu železitého) → Rýchle miešanie (bude využitý pôvodný rýchly miešač) → Pomalé miešanie → Flotácia → Filtrácia na keramickej membráne → Stvrdzovanie vody (dávkovanie CO₂+vápenná voda) → Filtrácia cez filtračnú náplň PVD → Prečerpávanie na filtre GAU → Filtrácia cez filtračnú náplň GAU → UV žiarenie → Zdravotné zabezpečenie chlórmonizáciou → Akumulácia

Chemické hospodárstvo

Príprava a dávkovanie manganistanu draselného
Príprava a dávkovanie hlavného koagulantu
Dávkovanie CO₂
Príprava a dávkovanie vápennej vody
Príprava a dávkovanie pomocného koagulantu
Príprava a dávkovanie plynného chlóru formou chlórmonizácie
Skladovanie a dávkovanie chemikálií potrebných na regeneráciu keramickej membrány

Kalové hospodárstvo

Obdobne ako pri alternatíve A

ZÁVER

V článku sú popísané poloprevádzkové skúšky v UV Hriňová. Skúšky boli rozdelené na dve etapy, pričom 1. etapa je už ukončená, druhá etapa ešte pokračuje, nakoľko Stredoslovenská vodárenská prevádzková spoločnosť potrebuje overiť navrhované technológie pre zhoršenú kvalitu upravovanej vody najmä z hľadiska biologických ukazovateľov, ktorá sa objavuje v určitých ročných obdobiach. Zároveň prebiehajú skúšky stvrdzovania vody použitím CO₂ a PVD, pričom snahou je zvýšiť obsah hlavne horčíka v upravenej vode, ako aj skúšky na potvrdenie oprávnenosti zaradenia aktívneho uhlia do úpravy vody.

Snahou poloprevádzkových experimentov je pripraviť podklady pre projektanta, navrhnuť a overiť takú technologickú linku úpravy vody, ktorá zabezpečí bezpečnú pitnú vodu aj v rizikových situáciách. Predpokladá sa, že UV Hriňová bude dodávať do distribučnej siete v rámci Stredoslovenskej vodárenskej sústavy 135 až 195 l.s⁻¹.

Pod'akovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektu VEGA 01/0400/15.

LITERATÚRA

- [1] Smernica Rady 98/83/ES o akosti vody určenej k ľudskej spotrebe, 1998 (DWD)
- [2] <http://www.op-kzp.sk/dokumenty/dokumenty/programove-dokumenty/>
- [3] Smernica európskeho parlamentu a rady č. 2009/28/ES o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie, 2009
- [4] Řešitelské pracoviště: SZÚ – CHŽP, Národní referenční centrum pro pitnou vodu, vedoucí MUDr. F.Kožíšek, CSc., Zdravotní význam „tvrdosti“ pitné vody, 2000 (3. aktualizovaná verze, únor 2003)